

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-272074

(43)Date of publication of application : 20.09.2002

(51)Int.Cl.

H02K 21/14  
H02K 3/18

(21)Application number : 2001-073417

(71)Applicant : MORIC CO LTD

(22)Date of filing : 15.03.2001

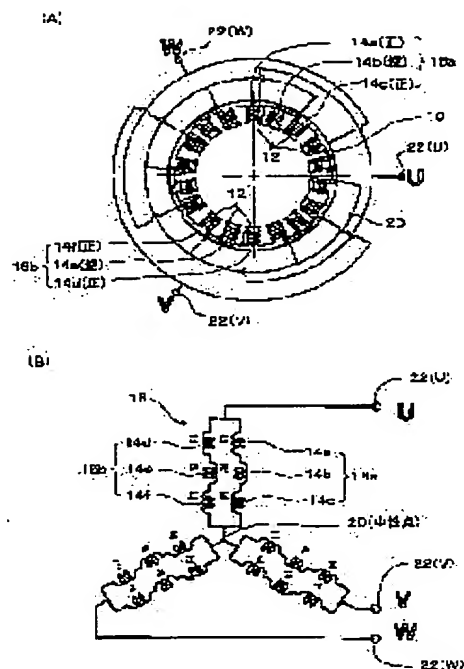
(72)Inventor : YASUMA TATSUYA  
TAKANO TADASHI

## (54) PERMANENT-MAGNET THREE-PHASE AC ROTATING ELECTRIC MACHINE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent a circulating current from flowing in the closed circuit in parallel connection and thus avoid degradation in performance due to the circulating current when stator coils between phases or between lines are connected in parallel and the diameter of the stator coils is reduced.

SOLUTION: A permanent-magnet three-phase ac electric rotating machine comprises a permanent-magnet rotor having n poles and a stator having m slots with m being not less than 6. The three phases are Y-connected, and line current circuits in which line currents in the same phase flow are constituted of a parallel circuit obtained by parallel-connecting a plurality of series circuits comprising one or more stator coils. Based on the symmetry of arrangement of permanent magnets and the stator coils, stator cores for use in the series circuits are combined so that the voltage between the ends or the counter-electromotive force of a plurality of the series circuits forming the line current circuits in the same phase is always substantially the same. Thus a circulating current is prevented from being produced in the parallel circuit.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-272074  
(P2002-272074A)

(43) 公開日 平成14年9月20日 (2002.9.20)

(51) Int.Cl.

H 0 2 K 21/14

識別記号

3/18

F I

H 0 2 K 21/14

3/18

テーマコード(参考)

M 5 H 6 0 3

C 5 H 6 2 1

F

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-73417(P2001-73417)

(22) 出願日 平成13年3月15日 (2001.3.15)

(71) 出願人 000191858

株式会社モリック

静岡県周智郡森町森1450番地の6

(72) 発明者 安間 達也

静岡県周智郡森町森1450番地の6 森山工業株式会社内

(72) 発明者 高野 正

静岡県周智郡森町森1450番地の6 森山工業株式会社内

(74) 代理人 100082223

弁理士 山田 文雄 (外1名)

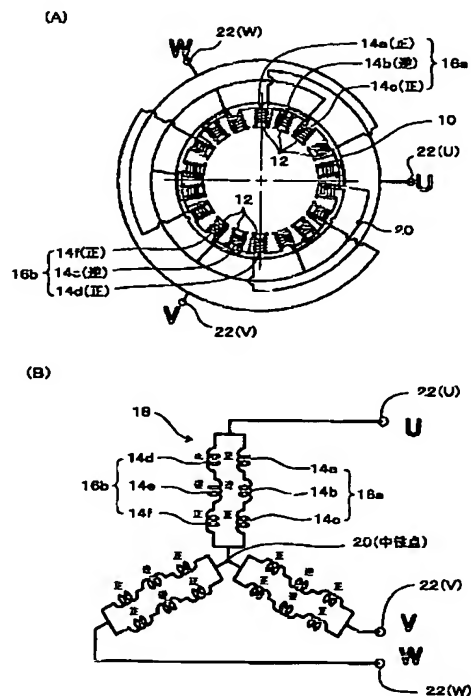
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石式3相交流回転電気機器

(57) 【要約】

【課題】 各相あるいは各線間のステータコイルを並列接続としてステータコイルの線径を細くした場合に、並列接続された閉回路内で循環電流が流れるのを防ぎ、この循環電流による性能の低下を防ぐ。

【解決手段】 ポール数を $n$ とする永久磁石式ロータと、スロット数を $m$ とするステータとを備え、前記 $m$ を6以上にした永久磁石式3相交流回転電気機器において、3つの相をY結線とし、同一相の線電流が流れる線電流回路を1または複数のステータコイルで形成される複数の直列回路を並列接続した並列回路で形成し、永久磁石とステータコイルの配置対称性に基づいて、同一相の線電流回路を形成する複数の直列回路の両端間起電圧または逆起電圧が常にほぼ同一になるように各直列回路に用いるステータコアを組合せ、並列回路内で循環電流が発生するのを防いだ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ボール数を $n$ とする永久磁石式ロータと、スロット数を $m$ とするステータとを備え、前記 $m$ を6以上にした永久磁石式3相交流回転電気機器において、

3つの相をY結線とし、同一相の線電流が流れる線電流回路を1または複数のステータコイルで形成される複数の直列回路を並列接続した並列回路で形成し、永久磁石とステータコイルの配置対称性に基づいて、同一相の線電流回路を形成する複数の直列回路の両端間起電圧または逆起電圧が常にほぼ同一になるように各直列回路に用いるステータコアを組合せ、前記並列回路内で循環電流が発生するのを防いだことを特徴とする永久磁石式3相交流回転電気機器。

【請求項2】 ボール数を $n$ とする永久磁石式ロータと、スロット数を $m$ とするステータとを備え、前記 $m$ を6以上にした永久磁石式3相交流回転電気機器において、

3つの相を $\Delta$ 結線とし、線間電圧を発生する線間回路を1または複数のステータコイルで形成される複数の直列回路を並列接続した並列回路で形成し、永久磁石とステータコイルの配置対称性に基づいて、同じ線間回路を形成する複数の直列回路の両端間起電圧または逆起電圧が常にほぼ同一になるように各直列回路に用いるステータコイルを組合せ、前記並列回路内で循環電流が発生するのを防いだことを特徴とする永久磁石式3相交流回転電気機器。

【請求項3】 ボール数 $n$ とスロット数 $m$ が公約数を有する請求項1または2の永久磁石式3相交流回転電気機器。

【請求項4】 スロット数 $m$ は $M$ を4以上の3の倍数として $3M$ であり、1つの相に対応する $M$ 個のコイルは、それぞれ起電圧または逆起電圧が等しくなるように直列接続した $M/L$ 個のコイルからなる $L$ 組に分割され、各組の直列回路を並列接続した請求項1～3のいずれかの永久磁石式3相交流回転電気機器。

【請求項5】 ボール数 $n$ およびスロット数 $m$ は、 $N$ および $M$ を整数としてそれぞれ、 $n=2N$ 、 $m=3M$ を満足し、かつ次式；

$$2m/3 < n < 4m/3$$

を満たす請求項1～4のいずれかの永久磁石式3相交流回転電気機器。

【請求項6】 車両の電装品に用いる発電機または電動機である請求項1～5のいずれかの永久磁石式3相交流回転電気機器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ロータに永久磁石を用いた3相交流発電機や3相交流電動機などの回転電気機器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】永久磁石式ロータを有する3相交流発電機や電動機（例えばブラシレスモータ）が公知である。従来のこの種の回転電気機器においては、ステータの磁極歯に絶縁物を介して巻いた集中巻きコイル（ステータコイル）と、ロータに固定した永久磁石との相互作用によって、各コイルに起電力を誘起させ（発電機の場合）、またはロータに回転力を発生させる（電動機の場合）。この時に各相あるいは各線間に発生する起電圧または逆起電圧は、各相ごとあるいは各線間ごとに複数のステータコイルの出力がベクトル和として合成される。

【0003】家電用や産業用などに広く用いられているものは、電源電圧や発電電圧が比較的高いものである。このためステータコアに用いる巻線は、可撓性がある細い径のものとして各相ごとあるいは各線間ごとに複数の磁極歯に連続して巻いていた。すなわちY結線の時には各相の複数のステータコイルを直列接続していた。また $\Delta$ 結線の時には、各線間の複数のステータコイルを直列接続していた。なおこの時各ステータコイルは、極性が揃うように巻き方向を正逆変化させている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような回転電気機器は自動車や自動二輪車などの車両にも広く用いられている。また電気自動車などの動力源としてブラシレスモータを用いることも行われている。このような車両では一般に電源電圧が家庭用・産業用のものに比べて低い。大出力とするために大電流を流す必要がある。そこでこの車両用のものでは、ステータコアの巻数を少なくする一方、コイル線径を太くしている。

【0005】しかしコイル線径が太くなると、コイル線を磁極歯へ巻付ける際の作業性が著しく悪くなる。また各コイルの線末端をコイルエンド端で各相ごとに接続したり中性点の結線を行ったりする必要があり、これらの処理が困難で、生産性が著しく低下する。さらにコイル末端の処理部が大きくなり、ステータの大型化さらには発電機や電動機の大型化を招くという問題があった。

【0006】そこで各相のステータコイルを並列接続とすることが考えられている。すなわち並列接続として各ステータコイルの電流を少なくすることによって線径を細くするものである。この時各ステータコイルの巻数は増えることになるが、車両用のものでは幸い電圧も低いので巻き数の増加は比較的少なく済む。

【0007】しかしこのように各相のコイルを並列接続すると、この並列接続された各コイルの閉回路内で、各コイルの起電圧または逆起電圧の位相差により循環電流を生じ、性能低下を招くという問題が生じることが解った。

【0008】この発明はこのような事情に鑑みなされたものであり、各相あるいは各線間のステータコイルを並列接続としてステータコイルの線径を細くした場合に、

並列接続された閉回路内で循環電流が流れるのを防ぎ、この循環電流による性能の低下を防ぐことができる永久磁石式3相交流回転電気機器を提供することを目的とする。

#### 【0009】

【発明の構成】この発明によればこの目的は、ポール数を $n$ とする永久磁石式ロータと、スロット数を $m$ とするステータとを備え、前記 $m$ を6以上にした永久磁石式3相交流回転電気機器において、3つの相をY結線とし、同一相の線電流が流れる線電流回路を1または複数のステータコイルで形成される複数の直列回路を並列接続した並列回路で形成し、永久磁石とステータコイルの配置対称性に基づいて、同一相の線電流回路を形成する複数の直列回路の両端間起電圧または逆起電圧が常にほぼ同一になるように各直列回路に用いるステータコアを組合せ、前記並列回路内で循環電流が発生するのを防いだことを特徴とする永久磁石式3相交流回転電気機器、により達成される。

【0010】同一の目的は、ポール数を $n$ とする永久磁石式ロータと、スロット数を $m$ とするステータとを備え、前記 $m$ を6以上にした永久磁石式3相交流回転電気機器において、3つの相を $\Delta$ 結線とし、線間電圧を発生する線間回路を1または複数のステータコイルで形成される複数の直列回路を並列接続した並列回路で形成し、永久磁石とステータコイルの配置対称性に基づいて、同じ線間回路を形成する複数の直列回路の両端間起電圧または逆起電圧が常にほぼ同一になるように各直列回路に用いるステータコイルを組合せ、前記並列回路内で循環電流が発生するのを防いだことを特徴とする永久磁石式3相交流回転電気機器、によっても達成される。

【0011】これらの回転電気機器は、発電機であってもよいし、ブラシレスモータなどの電動機であってもよい。この発電機や電動機は、車両の電装用に用いるものが好適である。車両では一般に電源電圧が家庭用や産業用のものに比べて低いからである。

【0012】ポール数 $n$ とスロット数 $m$ とは公約数を持つのが望ましい。ロータとスロット歯の対称性によって相間または線間に接続される並列回路を形成する複数の並列回路の起電圧または逆起電圧を正確に揃えることができるからである。

【0013】例えば、 $M$ を4以上の偶数としてスロット数 $m$ を $3M$ とし、1つの相に対応する $M$ 個のコイルは、それぞれ起電圧または逆起電圧が等しくなるように直列接続した $M/L$ 個のコイルからなる $L$ 組に分割し、各組の直列回路を並列接続することができる。

【0014】ポール数 $n$ およびスロット数 $m$ は、それぞれ $N$ および $M$ を整数として、 $n=2N$ 、 $m=3M$ となるが、これらの間には；

$$2m/3 < n < 4m/3$$

の関係が成立するように設定すれば、性能向上に一層適

する。その理由については後記する。

#### 【0015】

【作用】各相間あるいは線間に介在する並列回路は、複数のステータコイルで形成される複数の直列回路を並列接続することによって形成されるが、これらの直列回路の両端間に発生する起電力または逆起電力は常にほぼ同一になるようにしたから、並列回路内の閉回路に循環電流が流れることがない。

【0016】このため各直列回路の起電圧あるいは逆電圧が回転電気機器の出力に正確に反映され、性能の向上が図れるものである。例えば発電機の場合には、出力電圧の増大が図れると共に、出力波形の乱れを防ぐことができる。また電動機の場合には回転速度の上昇に伴って逆起電圧が正常に上昇し、効率が向上するものである。

#### 【0017】

【実施態様】図1～3は18スロット・16ポールの発電機または電動機の構成を示す。図1は、本発明のY結線とした実施態様のステータ磁極配置図(A)と、そのコイル配線図(B)である。図3は比較例のステータ磁極配置図(A)と、そのコイル配線図(B)である。

【0018】図1において符号10は環状のステータであり、内側へ突出する18個の磁極歯12を有する。各磁極歯12にはステータコイル14が巻付けられている。ステータ10の内側に、16極の永久磁石を周方向に交互に固定したロータ(図示せず)が回転可能に保持されている。すなわち18スロット(溝)付きのステータ10内で、16ポールの永久磁石式ロータが回転する。

【0019】16ポールのロータ外周には、16個の永久磁石が極性が交互にN、Sと変化するように等間隔に固定されるから、その回転中心線に対して対称な位置には同じ極性の磁石が配置されることになる。ステータ10の磁極歯12は、例えばU相については、周方向に連続する3つのステータコイル12a、12b、12cと、対称位置の3つのコイル12d、12e、12fとを持つ。V相、W相についても同様であるから、ここではU相について説明する。

【0020】ロータの永久磁石の周方向の間隔はステータ10の磁極歯12の周方向の間隔よりも僅かに大きい。ロータのある回転角度位置ではコイル14a、14c、14d、14fの巻き方向を正とすれば、コイル14b、14eの巻き方向を逆にすることによって全てのコイル12の極性が同一になる。

【0021】そこでこの実施態様では図1の(B)に示すように、前記のように正・逆方向に巻いた3つのコイル14a、14b、14cからなる直列回路16aと、3つのコイル14d、14e、14fからなる直列回路16bとを並列接続する。この並列回路18を線電流回路としたものである。すなわち並列回路18の一端を中性点20に接続し、他端をU相の端子22(U)とした

ものである。

【0022】図2は同じく18スロット・16ポールの場合に△結線としたものである。この実施態様では線間電圧を発生する線間回路は、図1のものと同様な並列回路18で形成される。この図2では、図1のものと対応する部分に同一符号を付したので、その説明は繰り返さない。

【0023】図3は参考のためのY結線とした比較例であり、各相の線電流回路を形成する6個のコイル12a～12fを直列接続したものである。この図3も図1と同一部分に同一符号を付したので、その説明は繰り返さない。

【0024】図4は図1の実施態様の性能を説明する図、図5は比較のための△結線の従来例の性能を説明する図である。これら図4、5において(A)はコイル結線構造を示す図、(B)は相線間電圧波形を示す図、(C)は相線間電圧波形の周波数解析結果である。

【0025】図1のように、Y結線の各の線電流回路を、6個のコイル12a～fの並列回路18で形成した18スロット・16ポールのものによれば、図4(B)に示すように1つの相の出力波形は滑らかな正弦波になる。従ってこの出力波形は図4(C)に示すように高調波をほとんど含まないものとなる。これに対し図5

(A)の△結線の場合には、1つの相の出力波形は図5(B)に示すように歪みを含むものとなり、図5(C)に示すように第5次高調波を多く含むものとなる。

【0026】このように図4(A)と図5(A)に示す結線の変化が性能に及ぼす影響は図6、7に示す。図6はこの性能の比較図、図7はコイル最高温度の比較図である。これらの図6、7において、破線は図1、4のY結線(Y並列結線)の場合を示す。また実線は図2、5の△結線(△直列結線)の場合を示す。図7の「コイルmax温度」はコイル12の最高温度を示し、「 $\Delta T_{max}$ 」は、測定時の環境温度に対する温度上昇の値である。なおこれらではポール数 $n=16$ であるから、1ポール当たりの電気角は $(360/18)=22.5^\circ$ である。

【0027】図8、9、10は12スロット・14ポールとした発電機または電動機の構成を示す。図8は本発明のY結線とした実施態様(Y並列結線)のステータ磁極配置図(A)とそのコイル配線図(B)である。図9は同じく△結線とした実施態様(△並列結線)のステータ磁極配置図(A)とそのコイル配置図(B)である。図3は比較例としてY直列結線の例のステータ磁極配置図(A)とそのコイル配線図(B)である。

【0028】これら図8～10においては、各線電流回路または線間回路18を構成するコイル12の数を4個(12a～d)とした点が図1～3と異なるだけであるから、対応部分に同一符号を付し、その説明は繰り返さない。またこれらの図8～10の(A)にはロータ30

が示されている。ロータ30には14個の永久磁石32が周方向に交互にかつ等間隔に配列されている。これら図8、9に示す実施態様によれば、前記図1、2に示したものとほぼ同様な効果が得られる。

【0029】以上説明した実施態様は、18スロット・16ポールおよび12スロット・14ポールのものであった。この発明はこれらに限られるものではなく、スロット数 $m$ とポール数 $n$ の組合せとしては他の組合せも可能である。ポール数 $n$ とスロット数が公約数を有する場合には、各相線間に介在する並列回路を構成する複数の直列回路の各コイルを同じ条件で作動させることができる。

【0030】例えば公約数2を有する場合には、ロータの磁極は中心軸に対して対称に配置され、同じ並列回路の2つの直列回路を形成する複数のコイルも中心に対して対称に配置されることになるからである。この場合には複数の直列回路の起電圧・逆起電圧が常に同一になるので、並列回路内の循環電流を確実に無くすることが可能になる。

【0031】並列回路を形成する複数の直列回路は、それぞれ1個のコイルで形成してもよいが、2以上のコイルで形成するのがよい。2以上のコイルで形成する場合には1つの並列回路には4個以上のコイルを必要とする。すなわちスロット数 $m$ は $3M$ ( $M$ は4以上の2または3の倍数)であって1つの相に対応する $M$ 個のコイルは $M/L$ 個のコイルからなる $L$ 組に分割され、各組の直列回路の起電圧または逆起電圧が等しくなるようにすればよい。

【0032】また永久磁石式の回転電気機器では、ロータを回転する時の駆動トルクの周期的変動(コギングトルクという)が発生する。このコギングトルクを小さくすることは、発電機の場合にはその駆動トルクを小さくすることになり、電動機の場合には出力のトルク変動を小さくすることになるので望ましいことである。

【0033】また回転電気機器の効率を向上させるための条件の1つとして巻線係数 $K_w$ が知られている。この巻線係数 $K_w$ は斜めスロットを用いない場合には、短節係数 $K_p$ と分布巻係数 $K_d$ の積で表される。すなわち $K_w=K_p \times K_d$ である。ここに短節係数 $K_p$ はコイルのピッチと磁極歯のピッチの差を表すものであり、分布巻係数 $K_d$ はコイルの巻付け集中の程度を表すものである。

【0034】図11はスロット数(磁極数) $m$ と極数(ポール数) $n$ との組合せによる巻線係数(下段)とコギングトルク脈動数(上段)を求めたものである。この図11において、スロット数 $m$ を $m=(3/4) \times n$ の直線 $x$ と、 $m=(3/2) \times n$ の直線 $y$ とで挟まれる範囲 $z$ の組合せが好ましいことが解った。すなわちこの範囲 $z$ 内の組合せでは、巻線係数 $K_w$ が十分に大きくなり、またコギングトルク脈動数も大きくなってコギング

トルクが十分に小さくなるからである。従ってこの発明はこの範囲 $z$ の組合せの中からスロット数 $m$ とポール数 $n$ を決めるのが望ましい。

#### 【0035】

【発明の効果】請求項1の発明は以上のように、Y結線とした場合に、各相電流が流れる線電流回路を、1または複数のステータコイルで形成される複数の直列回路からなる並列回路で形成し、複数の直列回路の両端間の起電圧または逆起電圧が常にほぼ同一になるようにしたのであるから、並列回路内で循環電流が流れることがなくなり、回転電気機器の効率が向上する。

【0036】また各相の線電流回路を並列回路で構成したので、各ステータコイルに流れる電流が小さくなり、ステータコイルの線径を細くすることができる。このためステータへのコイルの巻付け作業性が向上し、コイルの末端処理が容易になり、末端処理の小型化が図れる。このため回転電気機器の小型化に適する。

【0037】請求項2の発明によれば、 $\Delta$ 結線の場合において、前記Y結線の場合と同様な効果が得られる。

【0038】ポール数 $n$ とスロット数 $m$ が共通の公約数を有する場合には、ロータのポール（磁極）配置とステータの磁極歯の対称性により、並列回路を構成する複数の直列回路が誘起する起電圧または逆起電圧が常に同一になるから、並列回路内の循環電流を完全に防ぐことが可能になる（請求項3）。

【0039】スロット数 $m$ は $m=3M$ とし、 $M$ を4以上の3の倍数とすれば、U、V、W相のうちの1つの相またはU-V、V-W、W-Uの線間に設ける $M$ 個のステータコイルは、 $M/L$ 個のコイルからなる $L$ 組のコイル群に分割できる。ここに $L$ は2以上の整数である。この時には $L$ 組のコイル群の直列回路の両端に発生する起電圧または逆起電圧が常に等しくなるようにすればよい（請求項4）。

【0040】ポール数 $n$ およびスロット数 $m$ は、 $N$ および $M$ を整数としてそれぞれ $n=2N$ 、 $m=3M$ となる。すなわち $n$ および $m$ はそれぞれ2の倍数および3の倍数である。このとき $n$ と $m$ が次式；  
 $(2/3)m < n < (4/3)m$

を満たすようにすれば、コギングトルク脈動数を大きくし、その結果コギングトルクを小さくできる。またこの条件を満たす時には巻線係数も大きくなり、回転電気機器の効率向上に適する（請求項5）。

【0041】この発明は、相電流（Y結線の時）あるいは線電流（ $\Delta$ 結線の時）が流れる相・線間電流回路を並列回路で構成したので、相電流あるいは線電流を一定とした場合に、この並列回路を形成するそれぞれの直列回路に流れる電流を少なくすることができる。このためステータコイルの線径を細くすることにより回転電気機器の小型化が可能になる。またコイルの巻数を2倍、3倍と大幅に増やさない時には、出力電圧あるいは駆動電圧は低くなるが、車両の電装用電源電圧は一般に家庭用や産業用のものに比べて低いから、この発明に係る回転電気機器は特に車両用に好適なものとなる（請求項6）。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る一実施態様を示す図

【図2】本発明に係る一実施態様を示す図

【図3】比較例を示す図

【図4】図1の実施態様の出力性能を示す図

【図5】比較例の出力特性を示す図

【図6】図4と図5のものの性能比較図

【図7】図4と図5のもののコイル最高温度比較図

【図8】本発明に係る他の実施態様を示す図

【図9】本発明に係る他の実施態様を示す図

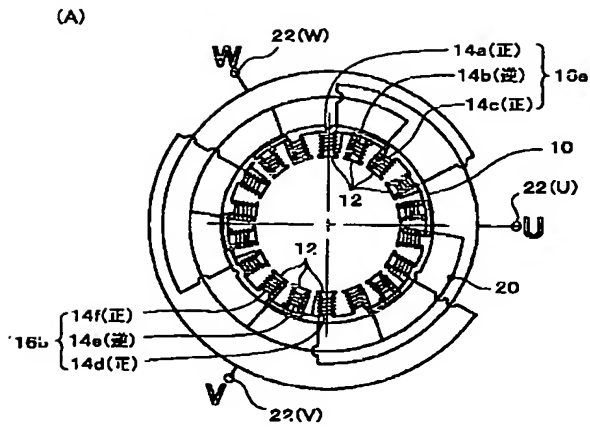
【図10】比較例を示す図

【図11】スロット数 $m$ とポール数 $n$ の組合せによるコギングトルク脈動数と巻線係数の関係を示す図

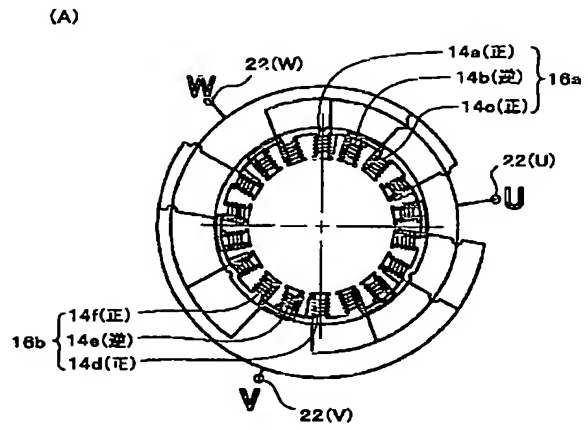
#### 【符号の説明】

- 10 ステータ
- 12 磁極歯
- 14 (14a～f) ステータコイル
- 16 (16a、16b) 直列回路
- 18 並列回路
- 20 中性点
- 30 ロータ
- 32 永久磁石

【図1】

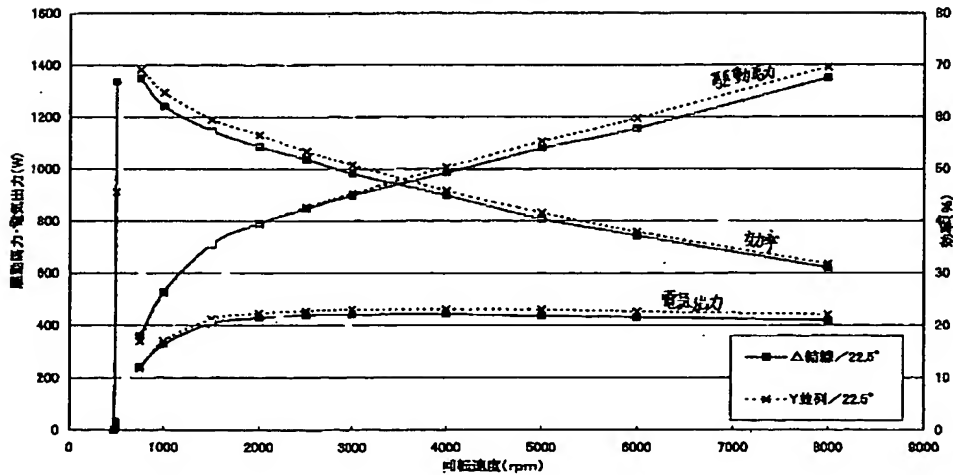


【図2】

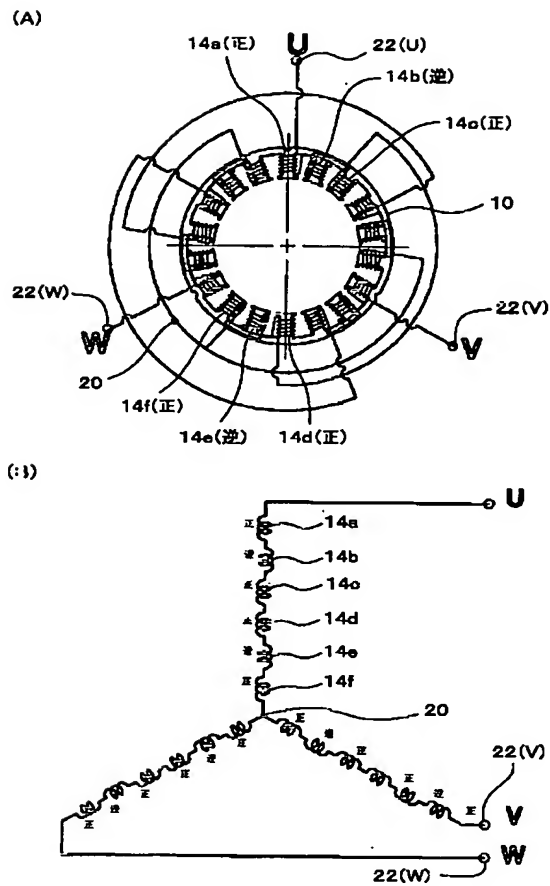


【図6】

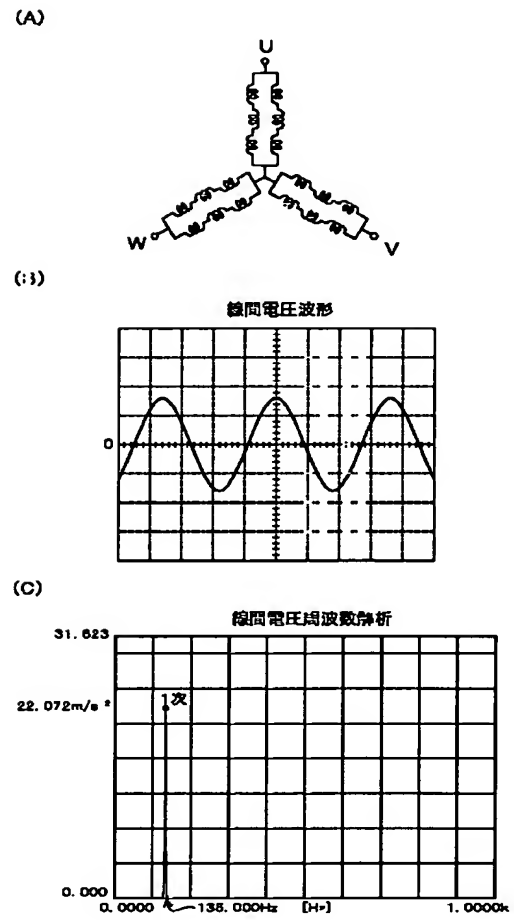
結線変更性能比較



【図3】

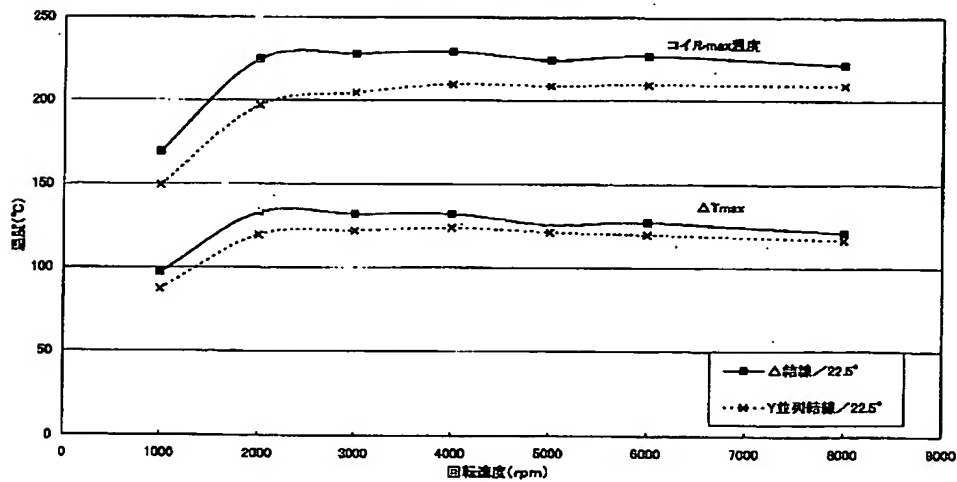


【図4】



【図7】

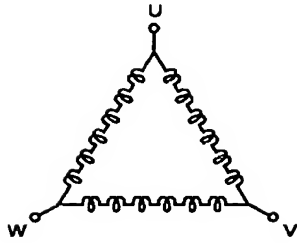
結線変更 I/Lmax温度比較





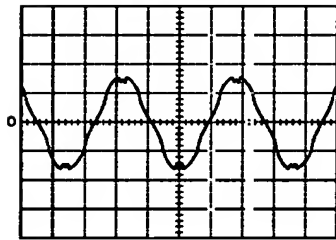
【図5】

(A)



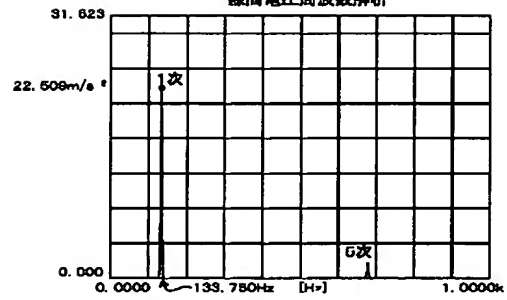
(B)

線間電圧波形



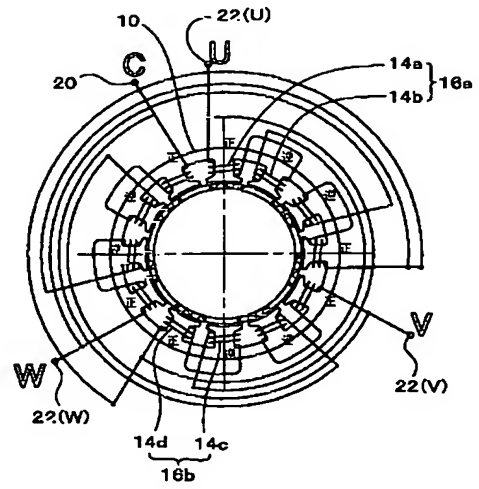
(C)

線間電圧周波数解析

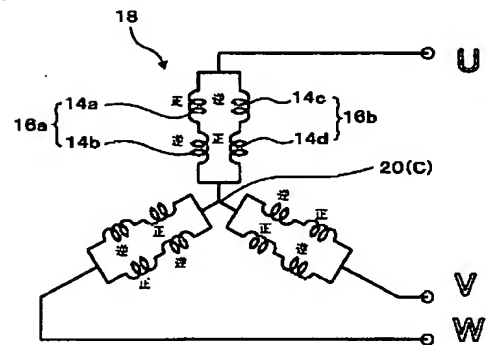


【図8】

(A)

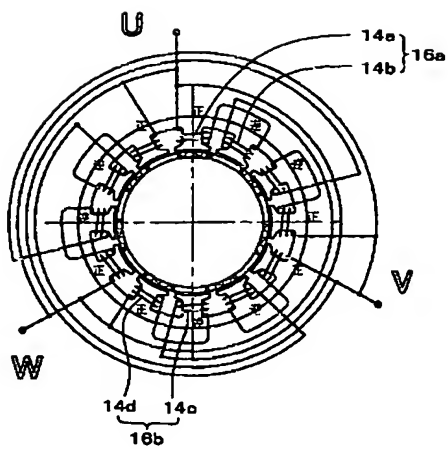


(B)

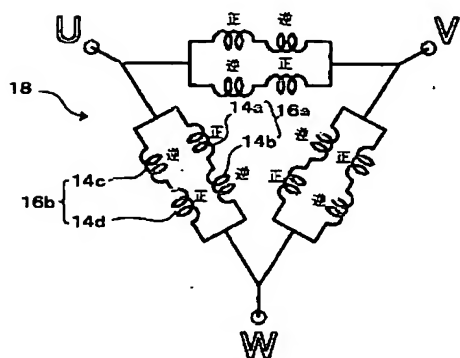


【図9】

(A)

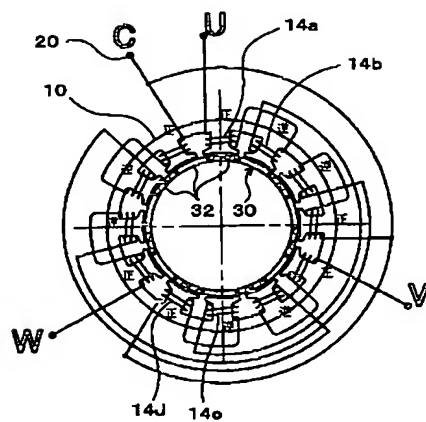


(B)

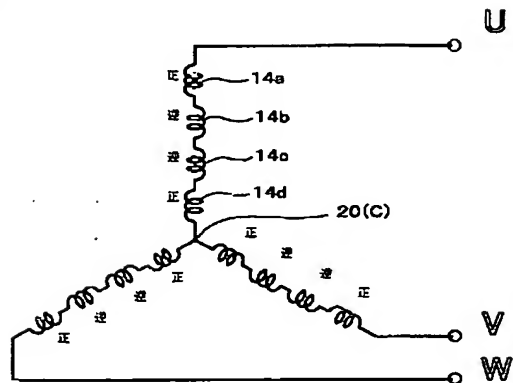


【図10】

(A)



(B)



【図11】

スロット数m ボール数n	3	6	9	12	15	18
2	6 0.866	6 0.5	18 0.328	12 0.250	30 0.199	18 0.167
4	12 0.866	12 0.866	36 0.617	12 0.433	60 0.389	36 0.328
6	6 0	6 1.0	18 0.866	12 —	30 0.380	18 0.433
8	24 0.866	24 0.866	72 0.846	24 0.866	120 0.711	72 0.616
10	30 0.866	30 0.5	90 0.946	60 0.933	36 0.866	90 0.753
12	12 0	12 0	36 0.866	12 —	60 0.910	36 0.866
14	42 0.866	42 0.5	126 0.617	84 0.933	210 —	126 0.902
16	48 0.866	48 0.866	144 0.328	48 0.866	240 0.952	144 0.846
18	18 0	18 1.0	81 0	36 —	60 0.910	18 —
20	60 0.866	60 0.866	180 0.328	60 0.433	60 0.866	180 0.846
22	66 0.866	66 0.5	198 0.9024	132 0.711	330 0.617	198 0.902
24	24 0	24 0	72 0.866	24 0	120 0.381	72 0.866

上段:コギングトルク脈動数

下段:巻線係数

直線x:  $m = (3/4) \times n$   
 ・短節巻係数 0.866  
 ・分布巻係数 1

直線y:  $m = (3/2) \times n$   
 ・短節巻係数 0.866  
 ・分布巻係数 1

範囲z:  $(2/3)m < n < (4/3)m$

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H603 AA01 BB01 BB02 BB07 BB09  
 BB12 CA01 CA05 CB04 CB05  
 CC04 CC07 CC11 CC17 CD21  
 5H621 BB10 GA01 GA04 GA20 GB06  
 GB14 HH01